

PENGARUH KONFIGURASI ANAEROBIC BAFFLED REACTOR, MEDIA BIOBALL DAN TANAMAN ECENG GONDOK UNTUK PENYISIHAN AMMONIA, UREA DAN TOTAL KJELDAHL NITROGEN

Fariza Siswanti ^{)}, Ganjar Samudro ^{**)}, Irawan Wisnu Wardana ^{**)}
Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
Jl.Prof.Soedarto SH Tembalang, Semarang 50275*

Abstrak

Limbah industri urea memberikan kontribusi yang cukup besar terhadap pencemaran air, khususnya konsentrasi amonia, urea dan Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) yang tinggi menjadi masalah yang ada. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui konsentrasi amonia, urea dan TKN sebelum dan sesudah menggunakan modifikasi Anaerobic Baffled Reactor (ABR) dan menganalisis efisiensi pengaruh modifikasi ABR untuk menyisihkan konsentrasi. Adapun modifikasi ABR dalam penelitian ini, yaitu pengolahan ABR dengan media bioballs pada kompartemen terakhir sebagai media tempat menempelnya bakteri dan mencegah bakteri keluar dari ABR, setelah itu dilanjutkan dengan proses aerobik dengan tanaman eceng gondok yang berfungsi untuk memaksimalkan penyisihan nitrogen setelah ABR. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi pengolahan amonia, urea, dan TKN dengan modifikasi ABR adalah 94%, 98%, 96% serta menghasilkan gas metan sebesar 0,68% yang menandakan bahwa bakteri dapat mendegradasi limbah

Kata Kunci: *Limbah Cair Industri Pupuk Urea, Ammonia (NH₃), Urea (NH₂)₂CO, Total Kjeldahl Nitrogen (TKN), Anaerobic Baffled Reactor, Media Bioball, Tanaman Eceng Gondok, Gas Metan (CH₄)*

Abstract

Industrial wastewater of urea provide a substansial contribution to water pollution, especially with high concentration of ammonia, urea and Total Kjeldahl Nitrogen (TKN) into existing problems. This study is an attempt to find out the concentration of ammonia, urea and TKN before and after using Anaerobic Baffled Reactor (ABR) modification and to analyze the efficiency influence that affected by ABR modification to concentration removal. Meanwhile the modification of ABR in this study, which comprises ABR treatment with bioballs in last compartement as bacterial support medium to place and preventing out, afterward was continuing aerobic process with water hyacinth plants to maximal function of nitrogen removal after ABR packed. The performance of the study gave results that ammonia, urea, and TKN removal in ABR modification was 94%, 98%, 96% and also produced methane equal to 0,68% that concentration of ammonia, urea, and TKN can decreased by bacterial degradation.

Keywords: *Waste Water Of Urea Industry, Ammonia (NH₃), urea (NH₂)₂CO, Kjeldahl Total Nitrogen (TKN), Anaerobic Baffled Reactor, Media of Bioballs, Water Hyacinth Plants, Gas Methane (CH₄)*

PENDAHULUAN

Berbagai aktivitas industri dan teknologi akan menghasilkan efek samping berupa limbah yang menimbulkan masalah bagi lingkungan. Salah satunya adalah industri pupuk urea yang memiliki beragam polutan yang dapat mencemari lingkungan. Pencemaran yang terjadi dapat berupa bahan buangan cair, padat, dan gas selama proses produksi. Dari berbagai jenis limbah tersebut, limbah cair memiliki kuantitas polutan yang beragam sehingga membahayakan bagi lingkungan perairan bila dibuang ke badan perairan tanpa melalui proses pengolahan. Mengingat banyaknya dampak negatif yang ditimbulkan dari limbah cair tersebut, maka perlu dilakukan pengolahan untuk mengurangi polutan yang ada dalam air limbah sehingga aman dan memenuhi standart untuk dibuang ke badan air penerima.

PT. Pupuk Kujang Cikampek merupakan industri yang memproduksi pupuk urea dan bahan kimia lainnya. Dalam pengolahan limbah cair, PT. Pupuk Kujang Cikampek menghasilkan debit yang sangat besar, yaitu 150-200 m³/jam atau sekitar 3600 m³/hari dengan kandungan ammoniak, urea serta TKN yang tinggi dan hanya mempunyai pengolahan fisik-kimia maka proses pengolahan biologi menjadi pertimbangan dalam pemilihan pengolahan yang lebih efisien. Pengolahan biologis merupakan pengolahan yang menggunakan aktifitas mikroorganisme untuk melakukan perombakan substrat bahan pencemar. Pengolahan biologis sendiri berlangsung dalam lingkungan aerob, anoksik, dan anaerob. Untuk bahan pencemar dengan kandungan urea dan ammoniak yang tinggi jenis pengolahan biologis yang dilakukan adalah proses nitrifikasi dan denitrifikasi heterotrofik. Proses ini menggunakan berbagai mikro algae dalam pengolahannya. Akan tetapi pengolahan dengan cara ini tidak mampu menghilangkan kandungan ammonium dan

membutuhkan input karbon organik yang tinggi pada proses denitrifikasinya sehingga biaya pengolahan tinggi (Sumantri, 2010).

Pengolahan limbah dengan proses anaerob merupakan salah satu pengolahan limbah yang memanfaatkan lumpur dari endapan limbah industri. *Anaerobic Baffled Reactor* merupakan modifikasi dari pengolahan anaerob yang dapat meningkatkan waktu tinggal mikroorganisme dengan substrat yang bertujuan dapat meningkatkan efisiensi removal limbah dengan cara limbah yang ada melewati sekat-sekat pada reaktor sekat anaerob. Menurut Said (2005) penggunaan media bioball dalam pengolahan limbah bertujuan sebagai tempat hidup mikroorganisme. Dan untuk peningkatan efisiensi removal ammonia, urea, serta TKN pengolahan anaerob akan lebih baik jika dilakukan pengolahan aerob setelahnya.

Melihat kenyataan di atas, maka dipandang perlu untuk dilakukan suatu penelitian untuk merencanakan/mengoptimalkan fungsi pada unit-unit pengolahan skala besar. Pada penelitian ini dilakukan variasi modifikasi *Anaerobic Baffled Reactor* dengan biofilter (media *bioball*) dan pengolahan aerob (tanaman eceng gondok).

TINJAUAN PUSTAKA

Limbah cair industri pupuk urea: merupakan limbah cair yang berasal dari proses pembuatan pupuk urea.

Ammoniak (NH₃): merupakan species yang beracun (toksik) dengan LD50 adalah 1 µg/L. sebagai gas, amoniak dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernafasan (Bronchitis & Asma), iritasi mata dan kulit, dapat menyebabkan mata dan hidung berair, batuk, sesak nafas dan bahkan kematian. Sebagai larutan pekat, amoniak dapat menyebabkan kulit dan mata terbakar. (Lusiana, 2013)

Urea: suatu senyawa organik yang terdiri dari unsur karbon, hidrogen, oksigen dan

nitrogen dengan rumus CON_2H_4 atau $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$.

TKN: TKN terdiri dari bahan organik (protein, asam nucleic, urea) dan anorganik (NH_4).

Anaerobic Baffled Reactor: ABR merupakan pengolahan air limbah dengan sistem tangki septik, akan tetapi ada penambahan sistem penyekatan di dalam tangkinya. ABR terdiri dari penyekatan yang berdiri dan menggantung secara bergantian dimana ada pembagian ruangan-ruangan reaktor dengan aliran ke atas dan ke bawah dari ruangan satu ke ruangan berikutnya. (Wang, 2003)

Media Bioball: Bioball yang memiliki diameter paling kecil dan dengan bentuknya yang seperti rambutan (random packing) dapat meminimalkan terjadinya *clogging* (tersumbat). Bioball ini berfungsi sebagai tempat hidup bakteri – bakteri yang diperlukan untuk menjaga kualitas air. (Filliazati, 2013).

Tanaman Eceng Gondok: Eceng Gondok (*Eichhornia Crassipes*) adalah tumbuhan air menahun, mengapung dipermukaan air bila ke dalam air cukup, tetapi berakar di dasar apabila dangkal.

METODOLOGI PENELITIAN

Variabel Pada Penelitian Ini Adalah:

1. Variabel Bebas: Modifikasi Anaerob Baffled Reactor.
 2. Variabel Terikat: NH_3 , Urea, dan TKN.
 3. Variabel Kontrol: Debit, pH dan Suhu.
- Berikut ini adalah rangkaian alat yang digunakan:



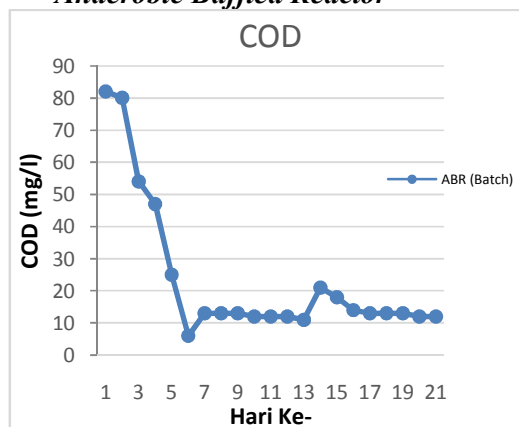
Gambar 1. Rangkaian Alat Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

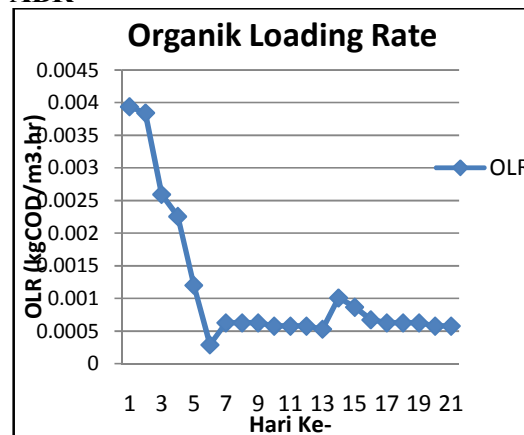
Hasil Uji Karakteristik Limbah Cair Industri Pupuk Urea

Tahap Aklimatisasi

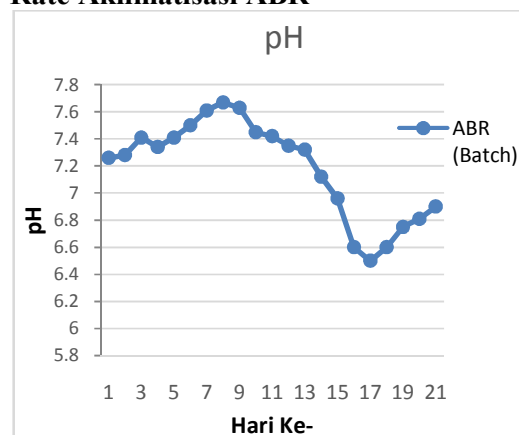
1. Hasil Proses Aklimatisasi Pada Anaerobic Baffled Reactor



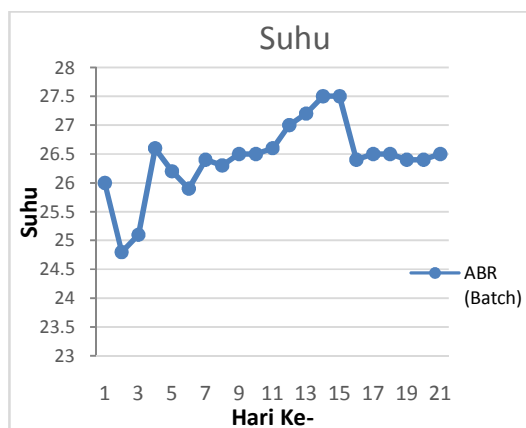
Gambar 2. Grafik COD Aklimatisasi ABR



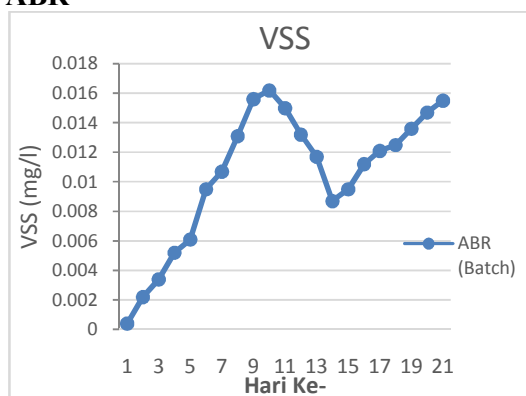
Gambar 3. Grafik Organik Loading Rate Aklimatisasi ABR



Gambar 4. Grafik pH Aklimatisasi ABR



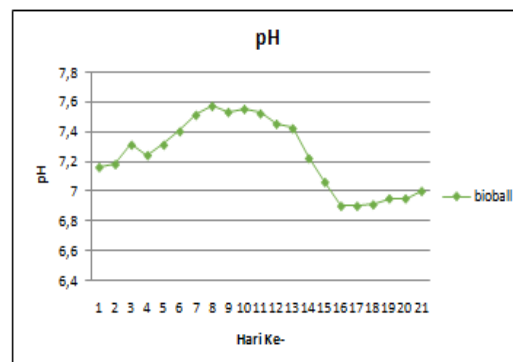
Gambar 5. Grafik Suhu Aklimatisasi ABR



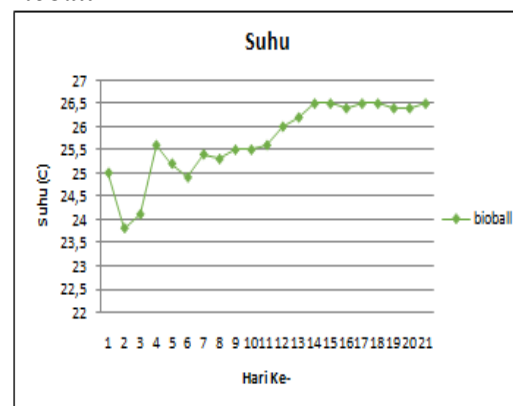
Gambar 6. Grafik VSS Aklimatisasi ABR

Tahap Aklimatisasi merupakan tahap pengadaptasian mikroorganisme yang terkandung dengan lingkungannya. Tahap aklimatisasi dilakukan dengan sistem diam atau batch. Proses aklimatisasi dilakukan selama 21 hari di karenakan sebelum dilakukan proses pengolahan limbah, proses aklimatisasi secara batch perlu dilakukan sampai diperoleh kondisi steady state. Hal ini dimaksudkan agar mikroorganisme dapat hidup secara stabil di dalam reaktor yang dalam penelitian ini ditandai dengan stabilnya nilai COD cairan dalam bioreaktor. (Mulyani, 2012).

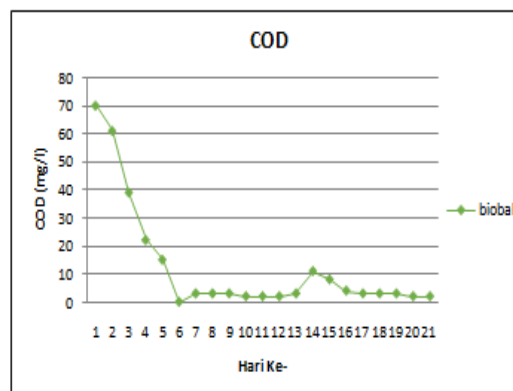
2. Hasil Proses Aklimatisasi Pada Media Bioball



Gambar 7. Grafik pH Aklimatisasi Bioball

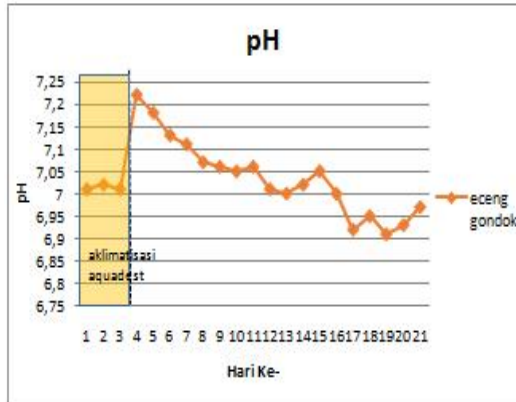


Gambar 8. Grafik Suhu Aklimatisasi Bioball

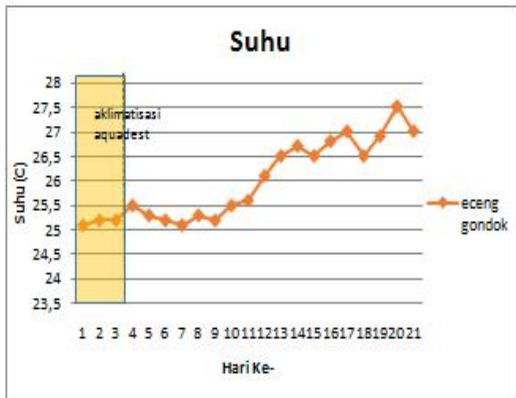


Gambar 9. Grafik COD Aklimatisasi Bioball

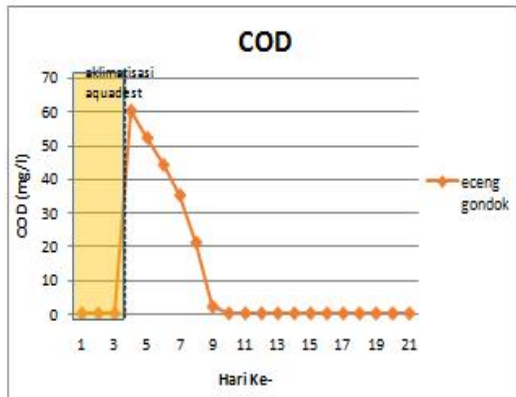
3. Hasil Proses Aklimatisasi Pada Tanaman Eceng Gondok



Gambar 10. Grafik pH Aklimatisasi Eceng Gondok



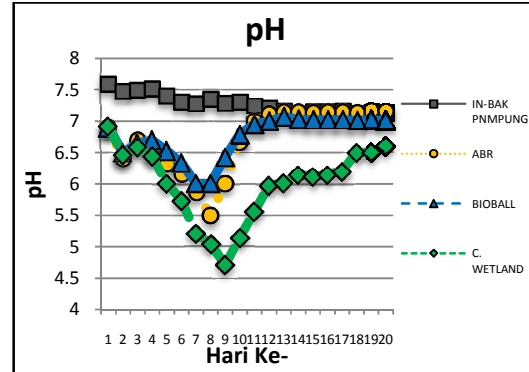
Gambar 11. Grafik Suhu Aklimatisasi Eceng Gondok



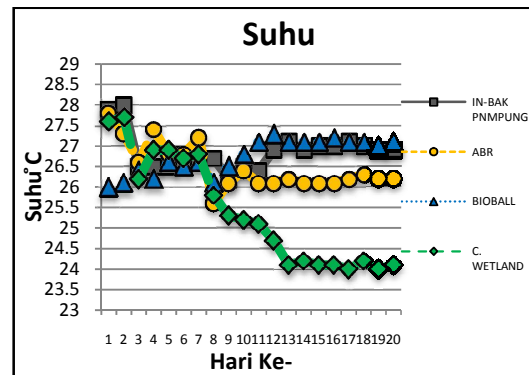
Gambar 12. Grafik COD Aklimatisasi Eceng Gondok

Tahap Running

Grafik perubahan pH dan suhu selama proses running dapat dilihat pada gambar

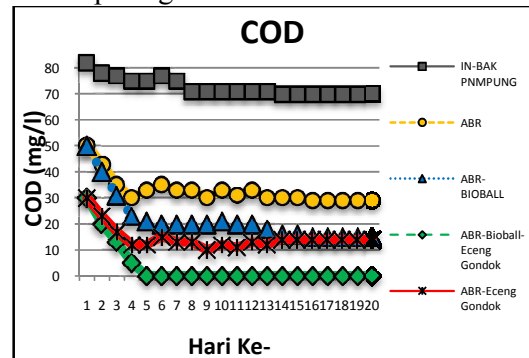


Gambar 13. Grafik pH Running

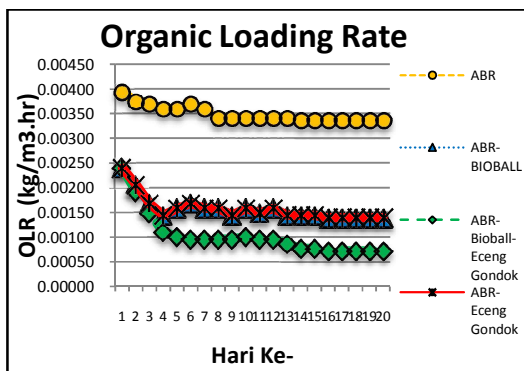


Gambar 14. Grafik Suhu Running

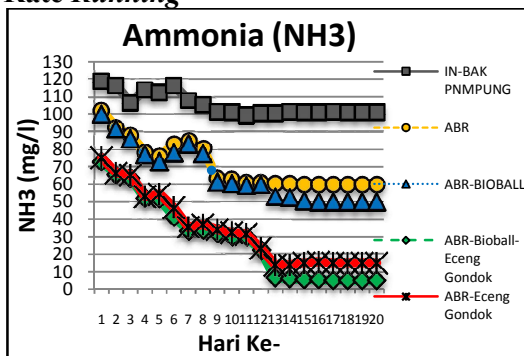
Grafik Hasil Penurunan COD, ammonia, urea, TKN dan hasil produksi biogas dapat dilihat pada gambar



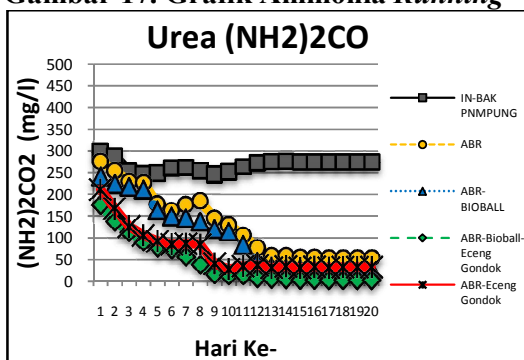
Gambar 15. Grafik COD Running



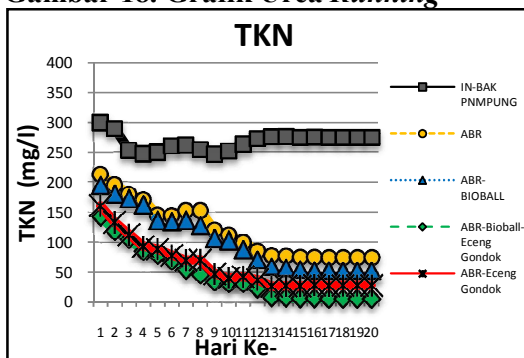
Gambar 16. Grafik Organic Loading Rate Running



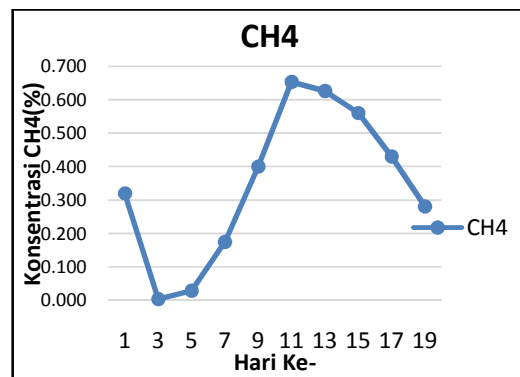
Gambar 17. Grafik Ammonia Running



Gambar 18. Grafik Urea Running



Gambar 19. Grafik TKN Running



Gambar 20. Grafik CH₄ Running

Berdasarkan gambar 13 menunjukkan bahwa limbah inlet sebelum masuk ke reaktor harus dijaga pH nya pada kondisi netral agar mikroorganisme yang di dalam anaerob baffled reactor tetap terjaga. Di dalam anaerob baffled reactor terjadi proses asidifikasi dimana dihasilkan sejumlah asam asetat dari penguraian monosakarida dan asam-asam amino serta penguraian asam lemak selama proses asidifikasi. Kemudian pada proses penyaringan dengan bioball kondisi pH menjadi netral karena mikroorganisme tertinggal di unggun bioball sebelum keluar reaktor hal ini yang menyebabkan proses asam hanya di dalam reaktor (Said, 2005) sebelum masuk ke pengolahan berikutnya. Kondisi pH dalam wetland berkisar antara lain 4,7-7 hal ini masih memenuhi kondisi dimana apabila pH air < 4 sebagian besar eceng gondok akan mati karena nilai pH sangat mempengaruhi proses biokimiawi perairan, misalnya proses nitrifikasi (Effendi, 2003).

Berdasarkan gambar 14 suhu inlet limbah pada bak penampung berada pada rentang 26-28 C, dimana suhu harus dijaga sebelum masuk ke pengolahan. Suhu pada anaerob baffled reactor berada pada rentang 26-28 C dimana bakteri dalam reaktor yang bekerja pada kondisi mesophilik. Kondisi suhu limbah keluaran dari proses penyaringan dengan bioball berada pada rentang 24-27 C dan kondisi suhu pada proses degradasi dengan eceng gondok adalah 24-27 C

Pada gambar 15, COD inlet hari ke 1 sampai dengan ke 20 adalah 70-82 mg/l. Kemudian limbah melewati proses anaerob pada reaktor anaerob baffled reaktor dan bioball. Di dalam reaktor COD diuraikan oleh mikroorganisme yang ada di dalamnya dimana secara umum tahapan dalam proses anaerobik adalah tahap hidrolisa, asidifikasi, dan metanasi. Limbah yang telah diolah pada proses anaerob kemudian menuju proses aerob yaitu dengan penyisihan menggunakan tanaman eceng gondok, COD keluaran dari proses anaerob berkisar antara 15-50 kemudian limbah cair di degradasi oleh eceng gondok menjadi Low (tidak teridentifikasi oleh alat) hal ini membuktikan bahwa tanaman eceng gondok dapat bermanfaat untuk mereduksi limbah (Zimmel, 2000). Data untuk grafik pada ABR-Eceng Gondok di dapatkan dari hasil persamaan:

$$\text{Konsentrasi ABR\&EG} = \text{Konsentrasi ABR} - (\text{Konsentrasi ABR\&Bio} - \text{Konsentrasi ABR,Bio,EG})$$

Contoh perhitungan konsentrasi COD pada ABR-Eceng Gondok

$$\text{Konsentrasi ABR-EG} = 50 \text{ mg/l} - (50 \text{ mg/l} - 30 \text{ mg/l}) = 30 \text{ mg/l}$$

Hasil penurunan ammonia pada gambar 17 di atas menunjukkan bahwa inlet pada bak penampung yang masih tinggi masuk ke proses anaerob pada rentang 100-120 mg/l kemudian ammonia yang tinggi di olah oleh mikroorganisme yang ada pada anaerob baffled reactor hingga 60-100 mg/l. Di dalam reaktor anaerob sebelum limbah keluar harus melewati penyaringan dengan bioball dimana fungsi bioball ini tidak hanya menyaring padatan yang tetapi juga menjadi tempat mikroorganisme yang ada pada reaktor tidak keluar yang bertujuan agar mikroorganisme yang hidup di media bioball dapat menyisihkan ammonia sebelum keluar ke proses aerob yaitu ammonia berkisar antara 50-100 mg/l. Proses aerob merupakan proses tambahan agar ammonia dapat tereduksi

kembali, dapat dilihat ammonia keluaran proses anaerob pada rentang 50-100 mg/l di olah di proses aerob dengan menggunakan eceng gondok menjadi 5-72 mg/l. Hal ini disebabkan adanya proses nitrifikasi yang dilakukan oleh tanaman eceng gondok. Untuk data konsentrasi ammonia pada ABR-Eceng Gondok didapatkan dengan persamaan diatas.

Berdasarkan gambar 18 urea awal pada bak penampung adalah 300 mg/l kemudian masuk ke pengolahan anaerob dimana terdapat mikroorganisme yang mengonsumsi nutrisi dari limbah tersebut. Konsentrasi urea yang diolah pada anaerob baffled reactor mewakili nutrisi N yang dibutuhkan oleh mikroorganisme. Konsentrasi urea setelah di olah di dalam reaktor anaerob menjadi 50mg/l dan keluaran dari reaktor anaerob urea diubah oleh tanaman eceng gondok yang melepaskan N_2 hasil proses nitrifikasi. Konsentrasi urea dari outlet menjadi 5 mg/l. Untuk data konsentrasi urea pada ABR-Eceng Gondok didapatkan dengan persamaan diatas.

Berdasarkan gambar 19 Total Kjedahl Nitrogen yang ada pada limbah cair meliputi amoniak dan urea. Jadi dengan demikian dapat diketahui pada gambar 4.14 dan gambar 4.15 bahwa ammonia dan urea yang ada pada inlet mula mula konsentrasinya tinggi. Kemudian diolah di dalam reaktor anaerob dan reaktor aerob dengan memanfaatkan mikroorganisme yang ada di dalamnya sehingga konsentrasi amoniak dan urea dapat turun. Dan kesimpulan dari menurunnya konsentrasi amoniak dan urea juga berpengaruh terhadap hasil konsentrasi Total Kjedahl Nitrogen yang ada. Untuk data konsentrasi TKN pada ABR-Eceng Gondok didapatkan dengan persamaan.

Padatan tersuspensi yang keluar dari reaktor sekat anaerob disaring oleh bioball sebelum masuk ke pengolahan dengan eceng gondok. Padatan tersuspensi pada

eceng gondok mengalami peningkatan pada hari tertentu dikarenakan terdapat akar-akar dan serangga yang ada pada reaktor wetland ikut terbawa keluar. Sedangkan media bioball mampu menyaring TSS dari proses pengolahan limbah pada reaktor sekat anaerob sebelum keluar ke eceng gondok.

Tanaman eceng gondok berpengaruh terhadap penurunan minyak lemak karena adanya aktifitas mikroorganisme dalam sistem perakaran (Rhizosfer) yang terdapat dalam reaktor. Akar tanaman dapat meningkatkan kepadatan dan aktivitas mikroba yang disediakan oleh permukaan akar untuk pertumbuhan mikroba. (Vymazal 2008). Adanya aktivitas mikroorganisme yang tumbuh pada media bioball dalam reaktor mendegradasi sebagian besar bahan organik dalam air limbah, tentu akan mempengaruhi konsentrasi Minyak dan Oli (Filliazati, 2013).

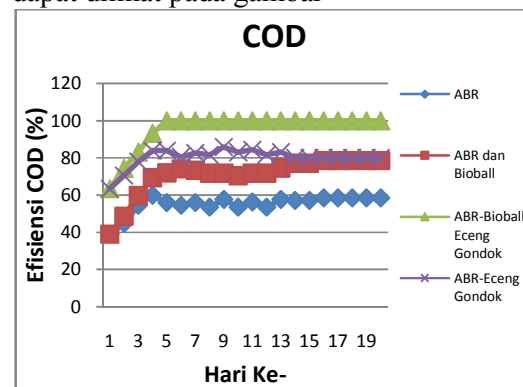
Menurut Nababan (2008), bakteri memiliki peran yang sangat penting dalam biodegradasi limbah minyak, sehingga faktor yang mempengaruhi pertumbuhan bakteri juga berdampak pada keberhasilan proses biodegradasi. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses biodegradasi antara lain suhu, pH, keadaan nutrisi, dan ketersediaan O₂. Sedangkan pada tanaman, akar tanaman berfungsi sebagai filtrasi dan mampu mengadsorpsi padatan tersuspensi serta tempat hidup mikroorganisme yang mampu menghilangkan unsur hara. Proses filtrasi dilakukan oleh media bioball dan pada akar tanaman eceng gondok yang terdapat dalam reaktor, terjadinya proses tersebut terjadi karena kemampuan partikel-partikel media maupun sistem perakaran membentuk filter yang dapat menahan partikel-partikel solid yang terdapat dalam air limbah (Filliazati, 2013).

Gambar 20 menunjukkan bahwa produksi biogas pada awal proses kontinyu mengalami penurunan hal ini disebabkan

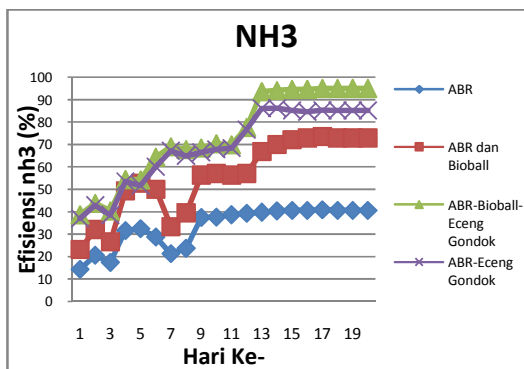
karena adanya shock loading pada awal proses kontinyu. Pada hari ke-5 menunjukkan bahwa produksi biogas meningkat setiap harinya dari hari ke-5 hingga hari ke-11 dengan produksi biogas 0,680 %. Hal ini menunjukkan bahwa proses biodegradasi limbah cair pupuk urea yang memiliki kandungan substrat seperti karbohidrat, protein dan lemak berlangsung dengan baik sehingga menghasilkan gas metan (CH₄) dan karbondioksida (CO₂). Dengan demikian bahwa bakteri anaerob mampu berkembang biak dengan baik (Ahmad, 2004), artinya pada saat inilah waktu running optimal. Dan pada hasil penelitian ini produksi maksimum pada hari ke-11. Penelitian ini dihentikan pada hari ke 20, karena laju produksi biogas telah mencapai fluktuasi sebesar 10% dan pada hari ke-13 biogas mulai menurun hal ini menunjukkan bahwa kondisi mikroorganisme mulai berkurang dan perlu adanya regenerasi.

Efisiensi Penyisihan Konsentrasi Pada Modifikasi Anaerobic Baffled Reactor

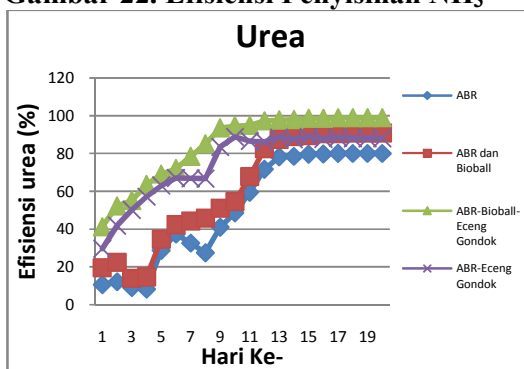
Grafik perbandingan efisiensi penyisihan COD, ammonia, urea dan TKN pada modifikasi Anaerobic Baffled Reactor dapat dilihat pada gambar



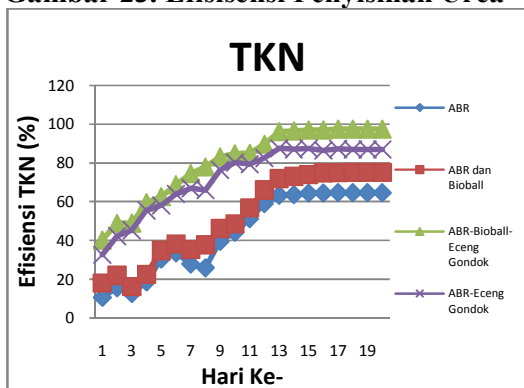
Gambar 21. Efisiensi Penyisihan COD



Gambar 22. Efisiensi Penyisihan NH₃



Gambar 23. Efisiensi Penyisihan Urea



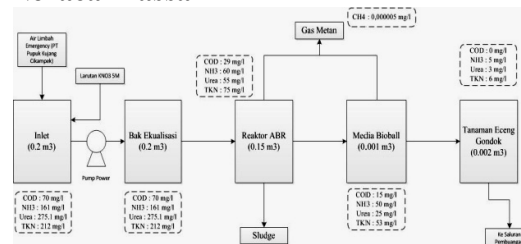
Gambar 24. Efisiensi Penyisihan TKN

1. Efisiensi Pada Anaerob Baffled Reactor
2. Efisiensi Pada Anaerob Baffled Reactor dengan media Bioball
3. Efisiensi Pada Anaerob Baffled Reactor dengan media Bioball serta Tanaman Eceng Gondok
4. Efisiensi Pada Anaerob Baffled Reactor Dan Eceng Gondok (Berdasarkan Perhitungan)

Perhitungan Efisiensi :

- $\% \text{ COD} = \frac{\text{COD}_{\text{in}} - \text{COD}_{\text{out}}}{\text{COD}_{\text{in}}} \times 100\%$
- $\% \text{ NH}_3 = \frac{\text{NH}_3_{\text{in}} - \text{NH}_3_{\text{out}}}{\text{NH}_3_{\text{in}}} \times 100\%$
- $\% \text{ Urea} = \frac{\text{Urea}_{\text{in}} - \text{Urea}_{\text{out}}}{\text{Urea}_{\text{in}}} \times 100\%$
- $\% \text{ TKN} = \frac{\text{TKN}_{\text{in}} - \text{TKN}_{\text{out}}}{\text{TKN}_{\text{in}}} \times 100\%$

Neraca Massa



Gambar 25. Neraca Massa

KESIMPULAN

1. Konsentrasi NH₃ limbah cair sebelum pengolahan dengan modifikasi *Anaerobic Baffled Reactor* 110 mg/L, konsentrasi Urea limbah cair sebelum pengolahan dengan modifikasi *Anaerobic Baffled Reactor* 276 mg/L, dan konsentrasi TKN limbah cair sebelum pengolahan dengan modifikasi *Anaerobic Baffled Reactor* 110 mg/L.

Konsentrasi NH₃ limbah cair setelah pengolahan dengan modifikasi *Anaerobic Baffled Reactor* 60 mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Bioball* 50 mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Eceng Gondok* 15 mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Bioball-Eceng Gondok* 5 mg/L, konsentrasi Urea limbah cair dengan modifikasi *Anaerobic Baffled Reactor* 55 mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Bioball* 25 mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Eceng Gondok* 33 mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Bioball-Eceng Gondok* 3 mg/L dan konsentrasi TKN limbah cair setelah dengan modifikasi *Anaerobic Baffled Reactor* 75 mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Bioball* 53

mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Eceng Gondok* 28 mg/L, *Anaerobic Baffled Reactor-Bioball-Eceng Gondok* 6 mg/L

4. Berdasarkan hasil perhitungan, diketahui penyisihan NH_3 paling efektif pada penelitian ini ialah pada saat penggunaan modifikasi ABR dengan bioball dan tanaman eceng gondok dimana diperoleh efisiensi sebesar 94% dan penyisihan Urea paling efektif pada penelitian ini ialah pada saat penggunaan modifikasi ABR dengan bioball dan tanaman eceng gondok dimana diperoleh efisiensi sebesar 98%

DAFTAR PUSTAKA

Ahira, Anne, 2004. *Pertanian Dan Perkebunan Mengenal Dan Merawat*. Kanisius: Yogyakarta

Cassel, Ralph. 1990. *Tetumbuhan*. London: Tira Pustaka

Coban, O., Kuschik, P., Wells, N., Strauch, G., & Knoeller, K. (2014). *Microbial Nitrogen Transformation In Constructed Wetlands Treating Contaminated Groundwater*. Environmental Science And Pollution Research: Berlin

Crites, R. dan Tchobanoglous, G., (1998), *Small and Decentralized Wastewater Management System*, McGraw Hill Inc., New York.

Ginting, Ir. Perdana. 2007. *Sistem Pengelolaan Lingkungan Dan Limbah Industri, Cetakan Pertama*. Yrama Widya: Bandung

Ika Dita Pratiwi, 2011. *Kajian Yuridis Terhadap Pengolahan Pembuangan Limbah Cair PT Pupuk Kujang Cikampek Dihubungkan Dengan Undang-*

Undang Nomor 32 Tahun 2009 Tentang Perlindungan Dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Universitas Pasundan: Bandung

Maltby, E. 1986. *Waterlogged Wealth*. Earthscan, International Institute For Environment And Development: London

U.S. Environmental Protection Agency. 1988. *Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment*. Center for Environmental Research Information: Cincinnati

Metcalf & Eddy (1991) *Wastewater Engineering: Treatment And Reuse*. Edisi III. McGraw Hill Inc: New York

Metcalf & Eddy (2003) *Wastewater Engineering: Treatment And Reuse*. Edisi IV. McGraw Hill Inc: New York

Novotny, V. Dan Olem, H., (1993), *Water Quality: Prevention, Identification, And Management Of Difuse Polution*, John Wiley & Sons, Chichester: Inggris

Tchobanoglous, George, (1991), *Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, And Reuse/Metcalf & Eddy, Inc., 3rd Edition*. McGraw-Hill: Inc. New York